	<p>Министерство науки и высшего образования Российской Федерации Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)</p>
---	--

ФАКУЛЬТЕТ «ИНФОРМАТИКА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ»

КАФЕДРА «ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭВМ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1 ПО ДИСЦИПЛИНЕ:

ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ

“ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И ПАРАМЕТРОВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ”

Студент: **Зернов Георгий Павлович**

Группа: **ИУ7-34Б**

Вариант: **86**

Название предприятия: **НУК ИУ МГТУ им. Н. Э. Баумана**

Студент _____ **Зернов Г.П.**

Преподаватель _____ **Оглоблин Д.И.**

Оглавление

ЦЕЛЬ ПРАКТИКУМА	3
ХОД РАБОТЫ	4
Исследуемый диод	4
Создание схемы в программе Microcap	4
Получение ВАХ	5
Подготовка данных для программы MathCAD	7
Расчёт параметров диода по упрощённым формулам	8
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	11

ЦЕЛЬ ПРАКТИКУМА

Получение в программе схемотехнического анализа Microcap и исследование статических характеристик кремниевого полупроводникового диода с целью определения по ним параметров модели полупроводниковых диодов. Освоение программы Mathcad для расчёта параметров модели полупроводниковых приборов на основе данных экспериментальных исследований.

ХОД РАБОТЫ

Исследуемый диод

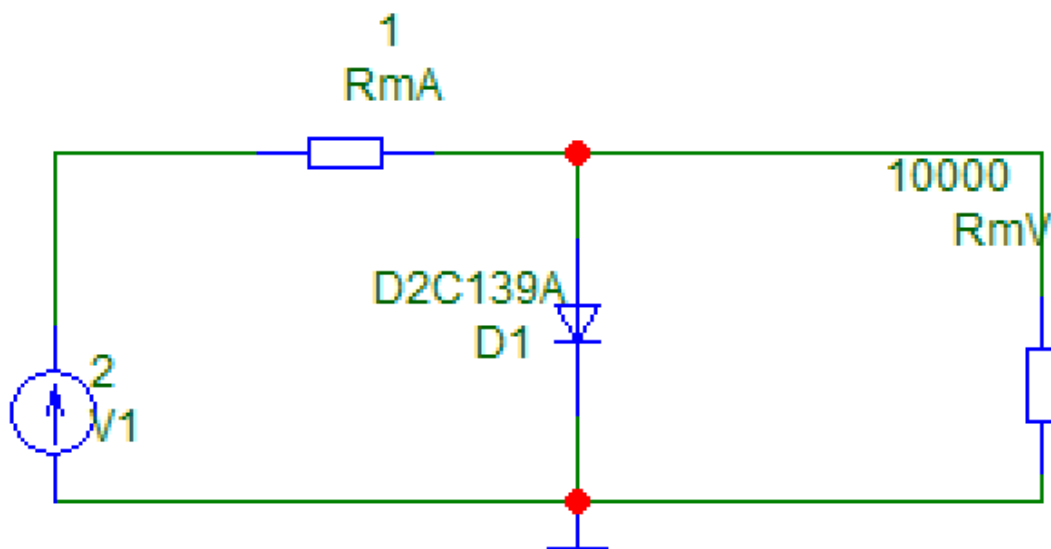
В работе проводится исследование диода D2C139A.

Характеристики диода из библиотеки:

```
.model D2C139A D(Is=31.47f Rs=9.494 Ikf=0 N=1 Xti=3 Eg=1.11 Cjo=220p M=.5959  
+      Vj=.75 Fc=.5 Isr=2.035n Nr=2 Bv=3.928 Ibv=43.84m  
*      Nbv=60 Ibv1=3m Nbv1=180  
+      Tbv1=-1.0m)
```

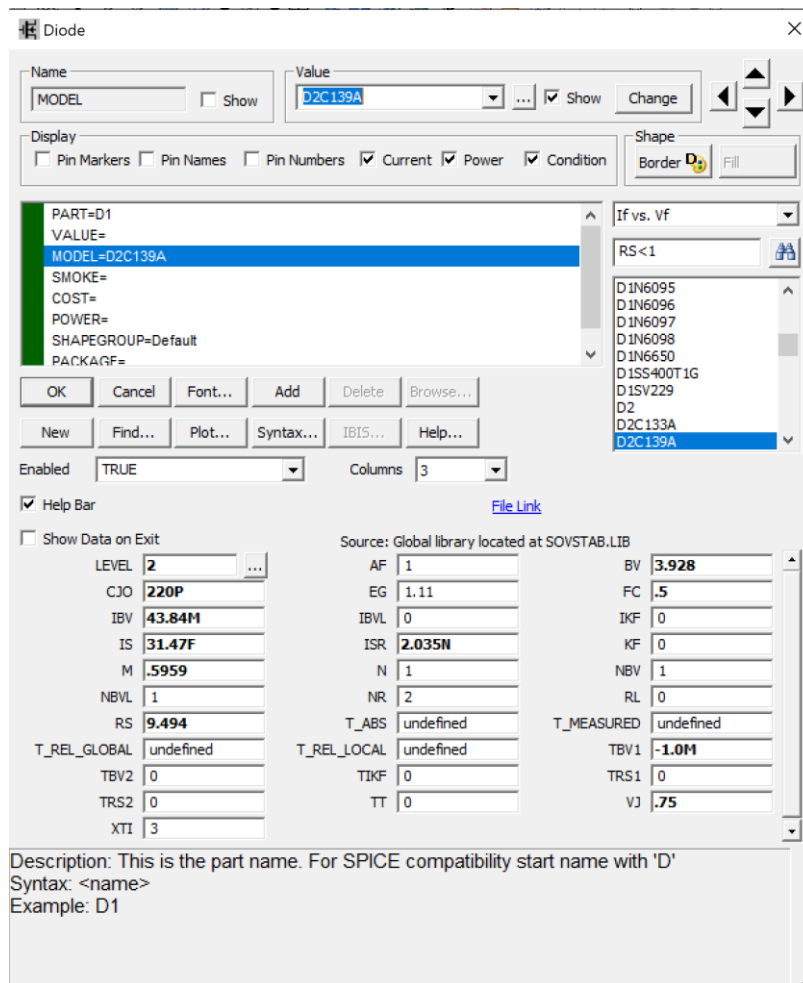
Создание схемы в программе Microcap

В программе Microcap создадим приведённую ниже цепь для прямого включения диода:



Установим значение напряжения у батареи $U = 2\text{В}$. Сопротивления амперметра и вольтметра установим 1Ом и 10000Ом соответственно, так как приборы не являются идеальными, что означает что амперметр имеет сравнительно малое сопротивление, тогда как вольтметр – большое.

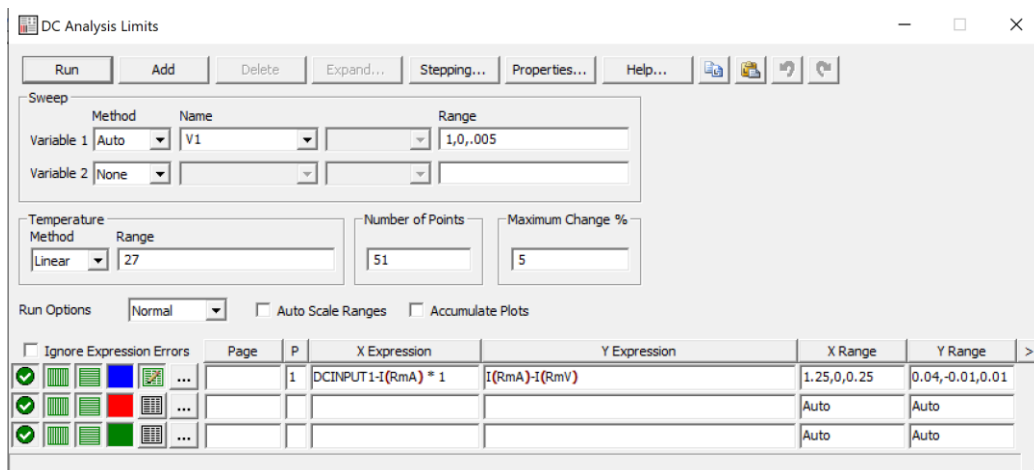
Модель диода выберем в отдельном окне из библиотеки:



Получение ВАХ

Для получения ВАХ в панели “Analysis” выберем постоянный ток (DC). В появившемся окне зададим формулы для напряжения и тока на диоде:

- $U_d = DCINPUT1 - I(RmA) \cdot RmA$
- $I_d = I(RmA) - I(RmV)$



Затем с помощью кнопки “RUN” построим график:

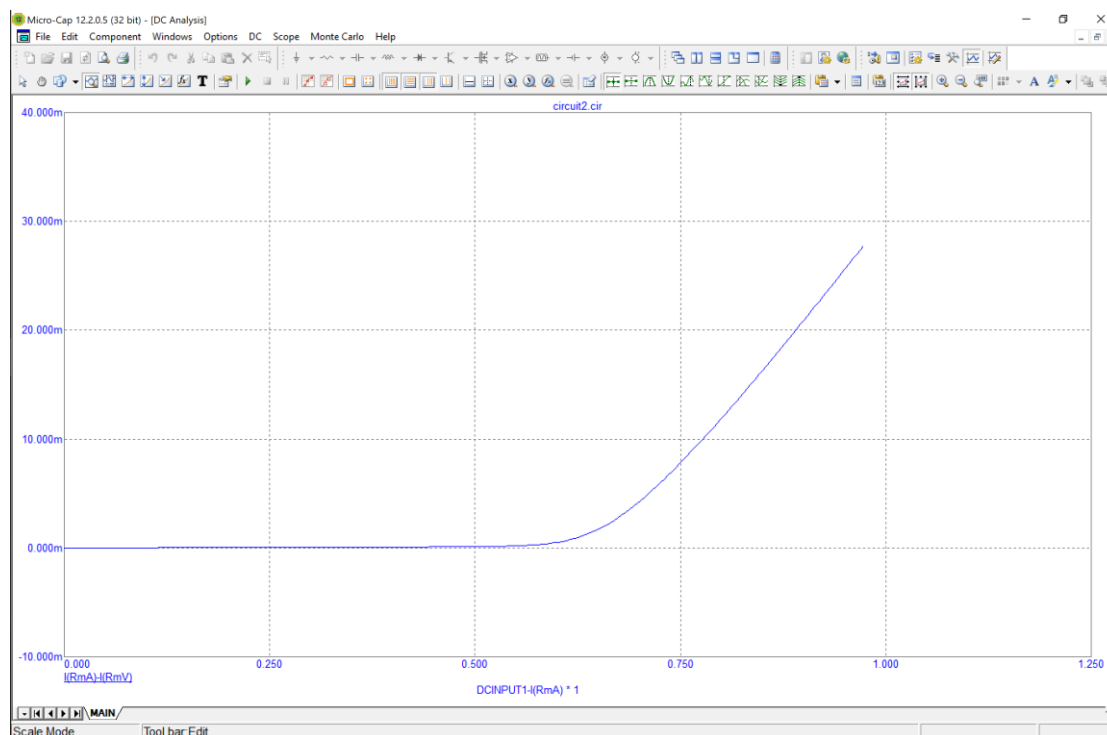
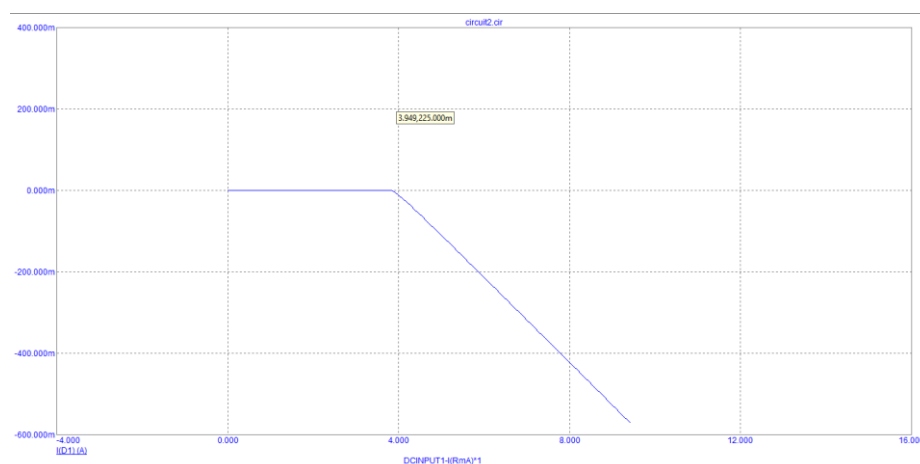
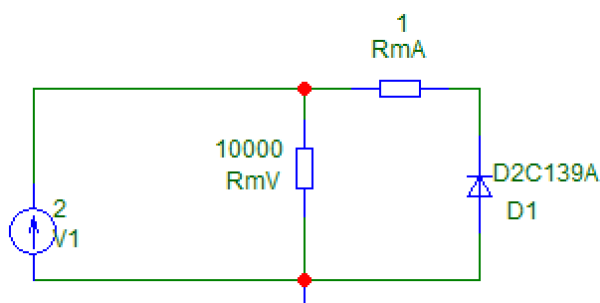


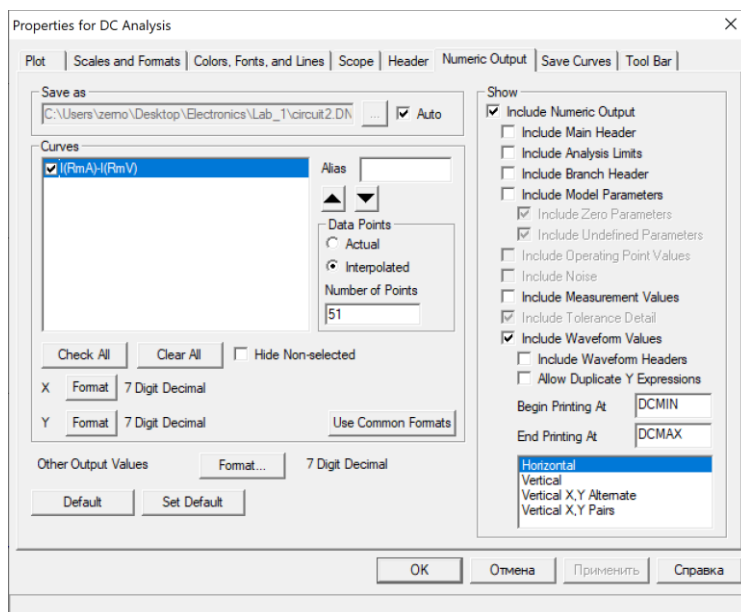
Схема и ВАХ обратного включения

Аналогично получим схему и ВАХ для обратного включения диода:

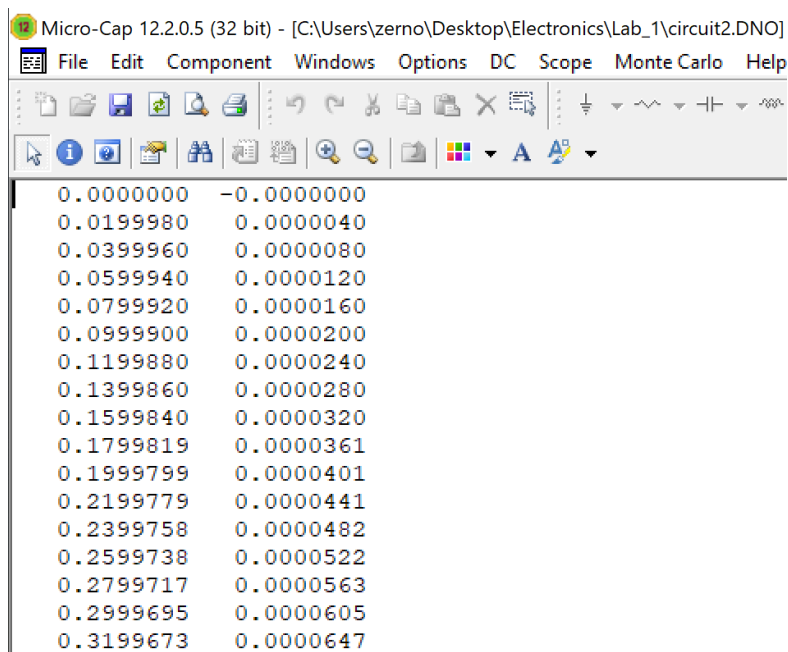


Подготовка данных для программы MathCAD

Для конвертации данных в формат, принимаемый программой MathCAD требуется в панели параметров “Numeric Output” убрать вывод всей информации кроме непосредственно данных измерений, а также перевести вывод значений в десятичную запись с необходимым числом знаков после запятой:



После перезапуска симуляции и нажатия “Numeric Output” будет получен файл с таблицей данных:

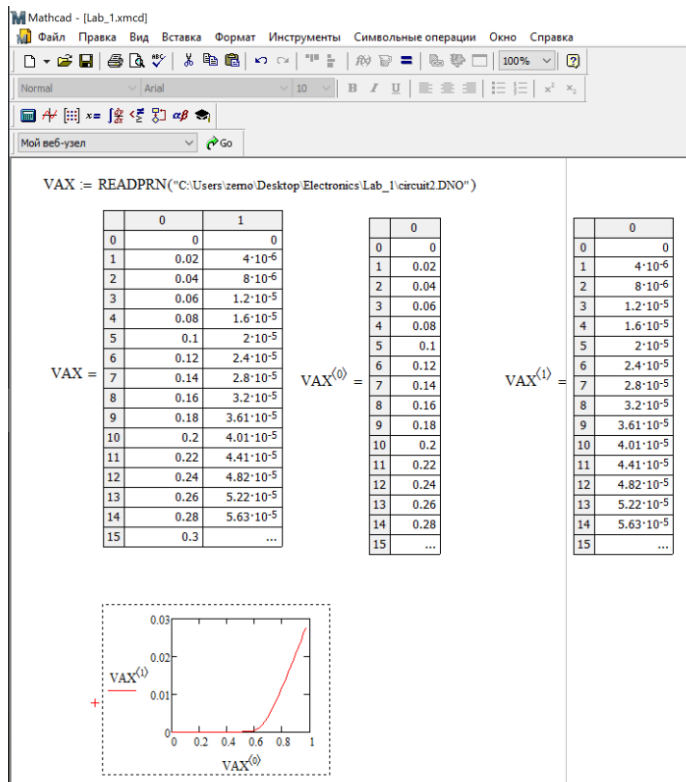


Расчёт параметров диода по упрощённым формулам

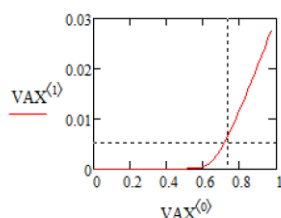
Расчёт параметров диода произведём в программе MathCAD. Для использования данных из файла используем команду “READPRN”.

$VAX := \text{READPRN}("C:\text{Users}\text{zemo}\text{Desktop}\text{Electronics}\text{Lab}_1\text{circuit2.DNO}")$

Затем по этим данным построим таблицы и график:



На панели инструментов “график” выберем функцию “Трассировка” и получим координаты 3 точек из графика:



Трассировка графика X-Y

X-коорд	0.71482	Копировать X
Y-коорд	0.0052479	Копировать Y
Y2-коорд		Копировать Y2
<input checked="" type="checkbox"/> Отслеживать точки данных		Заккрыть

$Ud1 := 0.61922$ $Ud2 := 0.65802$ $Ud3 := 0.71482$
 $Id1 := 0.0008374$ $Id2 := 0.0020433$ $Id3 := 0.0052479$

С помощью метода трёх ординат по упрощённым формулам найдём параметры диода:

$$\begin{aligned}
 R_b &:= \frac{(U_{d1} - 2 \cdot U_{d2} + U_{d3})}{I_{d1}} & R_b &= 21.495 \\
 NFt &:= \frac{(3 \cdot U_{d2} - 2 \cdot U_{d1} - U_{d3})}{\ln(2)} & NFt &= 0.03 \\
 I_0 &:= I_{d1} \cdot \exp\left[\frac{-(2 \cdot U_{d2} - U_{d3})}{NFt}\right] & I_0 &= 1.666 \times 10^{-12}
 \end{aligned}$$

Точный расчёт параметров диода

Введём начальное приближение:

$$R_{b1} := 1 \quad I_{s0} := 0.0000001 \quad mE := 2 \quad Ft := 0.02$$

С помощью ключевого слова “Given” введём систему уравнений, а также описанным ранее методом введём четвертую точку:

Given

$$U_{d1} = I_{d1} \cdot R_{b_d} + \ln\left[\frac{(I_{s0} + I_{d1})}{I_{s0}}\right] \cdot m \cdot Ft$$

$$U_{d2} = I_{d2} \cdot R_{b_d} + \ln\left[\frac{(I_{s0} + I_{d2})}{I_{s0}}\right] \cdot m \cdot Ft$$

$$U_{d3} = I_{d3} \cdot R_{b_d} + \ln\left[\frac{(I_{s0} + I_{d3})}{I_{s0}}\right] \cdot m \cdot Ft$$

$$U_{d4} = I_{d4} \cdot R_{b_d} + \ln\left[\frac{(I_{s0} + I_{d4})}{I_{s0}}\right] \cdot m \cdot Ft$$

Методом “Given Minerr” получим вектор решений системы:

$$Diod_P := Minerr(R_{b_d}, I_{s0}, m, Ft)$$

$$Diod_P = \begin{pmatrix} 8.97 \\ 1.75 \times 10^{-12} \\ 1.74 \\ 0.018 \end{pmatrix}$$

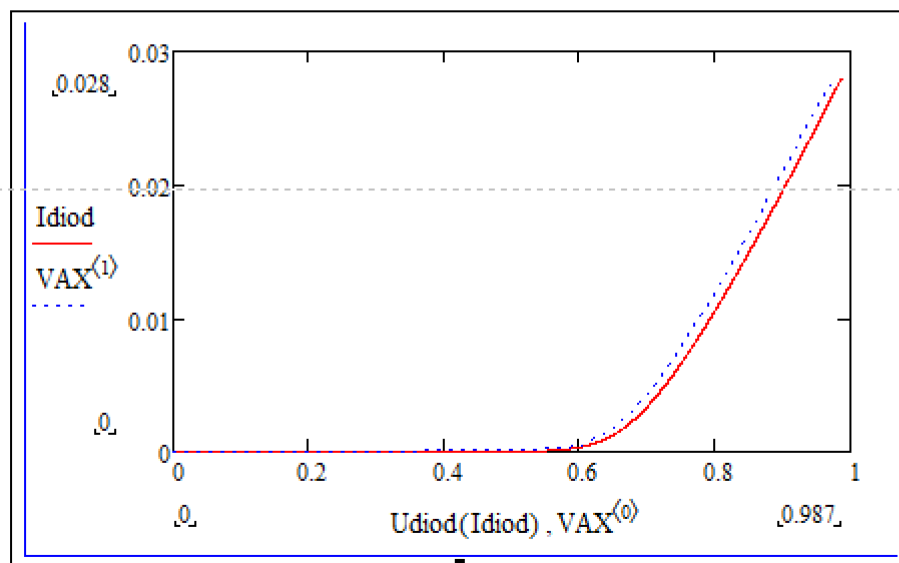
Сравнение полученных параметров

По полученным параметрам построим ВАХ, на нём же разместим исходную кривую:

$$Rb_diod := 8.97 \quad Is0_diod := 1.75 \times 10^{-12} \quad m_diod := 1.74 \quad Ft_diod := 0.018$$

$$Idiod := 0, 10^{-5} \dots 0.028$$

$$Udiod(Idiod) := Idiod \cdot Rb_diod + m_diod \cdot Ft_diod \cdot \ln \left(\frac{Idiod + Is0_diod}{Is0_diod} \right)$$



Idiod =

0
$1 \cdot 10^{-5}$
$2 \cdot 10^{-5}$
$3 \cdot 10^{-5}$
$4 \cdot 10^{-5}$
$5 \cdot 10^{-5}$
$6 \cdot 10^{-5}$
$7 \cdot 10^{-5}$
$8 \cdot 10^{-5}$
$9 \cdot 10^{-5}$
$1 \cdot 10^{-4}$
$1.1 \cdot 10^{-4}$
$1.2 \cdot 10^{-4}$
$1.3 \cdot 10^{-4}$
$1.4 \cdot 10^{-4}$
...

Данное представление позволит оценить степень точности модели и получить представление о погрешностях. Оценку можно произвести методом трассировки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были выполнены все задачи, описанные выше, таким образом были получены и проанализированы характеристики полупроводникового диода.